# Über eine mit Wasserstoffabsorption verbundene Gährung.

Von **Joseph Boehm.**

Bei den Versuchen über die Intensität der inneren Athmung bei Wasserpflanzen in Wasserstoffgas im Dunkeln musste es sehr bald auffallen, dass die bei absichtlich etwas verlängerter Versuchsdauer stattgefundene Volumenvergrösserung bedeutend geringer war als das Volumen der gebildeten Kohlensäure (Versuche 1 bis 10 der vorigen und 4 bis 9 dieser Abhandlung). Eine ähnliche Erscheinung zeigte sich wohl auch bei meinen seinerzeitigen Versuchen über die Respiration der Landpflanzen. Doch hier konnte dieser „Überschuss" der gebildeten Kohlensäure leicht erklärt werden als Folge innerer Athmung in der Zeit zwischen der Einstellung der Apparate und der ersten Ablesung. Eine gleiche Erklärung der Provenienz dieses Kohlensäure-Überschusses war aber bei den Versuchen mit Wasserpflanzen schon seiner meist relativ bedeutenden Grösse wegen unzulässig, und dies umsomehr, weil die in Rede stehenden Differenzen sich mit der Dauer der Versuche bedeutend vergrösserten. Letzterer Umstand konnte bei einiger Überlegung auch keinen weiteren Zweifel über die Art und Ursache des Phänomens bestehen lassen; es konnte dasselbe nur von bereits abgestorbenen Pflanzen veranlasst und durch das Verschwinden von Wasserstoff bedingt sein.

So wenig Glauben diese meine Ansicht auch bei Fachchemikern fand, ebenso zweifellos stellte sich dieselbe durch die Thatsache heraus, dass bei einer Temperatur von 23 bis 36° C. nach 3 Tagen in 3 Absorptionsröhren fast alles Gas (29 bis 31 CC.) verschwand. (Versuch 20 der vorigen Abhandlung).

Diese merkwürdige Fähigkeit, Wasserstoff zu absorbiren, besitzen, wie weitere Versuche zeigten, nicht nur die in Wasserstoffgas selbst abgestorbenen, sondern auch die durch Trocknen

oder Kochen getödteten Pflanzen. — Nicht nur bei frischen, sondern auch bei getrockneten und kalt aufgeweichten Wasserpflanzen erfolgte im ersten Stadium des Versuches eine geringe Volumvergrösserung, in Folge der Bildung von Kohlensäure, bei *Cladophora fracta*, *Oedogonium tumidulum*, *Vaucheria*, *Fontinalis antipyretica* und *Spirogyra quinina*. Bei Verwendung von bereits todten Pflanzen geschieht dies wohl zweifellos und ausschliesslich in Folge von Buttersäuregährung. Bei Versuchen mit lebenden Pflanzen im Dunkeln ist der zuerst gebildete Theil dieser Kohlensäure die Folge innerer Athmung. Diese dauert aber bei zarten Objecten, z. B. bei *Oedogonium*, des bald erfolgenden Absterbens wegen kaum länger als 7 bis 8 Stunden.

Pflanzen, welche bereits eine ziemliche Quantität von Wasserstoff absorbirt haben, reagiren stets alkalisch. In Folge dieser Reaction enthält, wie ich glaube, der kleine Gasrest, welcher nach dem Verschwinden des Wasserstoffgases zurückbleibt, obwohl, wie bereits erwähnt, eine gewisse Menge von Kohlensäure während des ersten Versuchsstadiums gebildet wurde, dieses Gas nur in geringer Menge (Versuch 20 und 21). In anderen Fällen hingegen (Versuche 16 bis 18) wurde, nachdem bereits viel Wasserstoff absorbirt war, noch ziemlich viel Kohlensäure gefunden, und zwar bedeutend mehr als der ursprünglichen Volumvergrösserung entsprach. Ich erkläre mir dies dadurch, dass von einzelnen Partien der Versuchspflanze bereits Wasserstoff absorbirt wurde, während andere noch in der Buttersäuregährung begriffen waren. Bei dem Versuche 42 war auf das Stadium der Volumvergrösserung sicher schon das der Wasserstoffabsorption gefolgt, als das Kali eingeführt wurde[1]. — Dass bei den Versuchen 23, 24, 43 u. 44 die gefundene Kohlensäuremenge hinter der beobachteten Volumvergrösserung zurückblieb, ist wohl dadurch bedingt, dass in Folge der Buttersäuregährung während des ersten Versuchsstadiums ausser Kohlensäure auch Wasser-

---

[1] Die Absorption der Kohlensäure bewerkstelligte ich bei diesen Versuchen so wie bei den in der vorigen Abhandlung beschriebenen dadurch, dass ich ein kleines Stückchen Kali in der Quecksilbersäule der Absorptionsröhren aufsteigen liess.

stoff gebildet wurde, was unter gewissen, gleich näher zu erörternden Umständen immer geschieht.

Die Thatsache der Absorption von Wasserstoff durch todte Vegetabilien steht so vereinzelt da, dass für ihre sofortige Erklärung jeder Anhaltspunkt und jede Analogie fehlt, die Erscheinung selbst aber ist in der pflanzenphysiologischen Literatur nicht völlig neu; sie wurde, wie ich aus der Abhandlung Liebig's „über die Gährung und die Quelle der Muskelkraft"[1] ersehe, bereits von Saussure beobachtet. Liebig schreibt l. c. pag. 142: „Eine Menge organischer Materien nehmen, wie aus den schönen Untersuchungen Schönbein's bekannt ist, mit Luft in Berührung Sauerstoff aus derselben auf, der eine Zeit lang ganz wie im Platin das Vermögen behält, andere Materien zu oxydiren. An festen organischen Substanzen, die sich im Zustande der Verwesung oder Fäulniss befinden, ist diese merkwürdige Eigenschaft schon vor 30 Jahren von de Saussure (Bibl. universelle de Genève, Febr. 1834) beobachtet worden, und seine schönen Versuche sind es, wie ich glaube werth in das Gedächtniss der Chemiker zurückgerufen zu werden.

„„Wenn Dammerde oder der in verschiedenen Bodenarten enthaltene Humus, oder feuchte, in Gährung übergegangene Pflanzensamen in einer mit Sauerstoff gefüllten Glocke verweilen. so verwandelt sich dieses Gas allmählig in Kohlensäure."" Dies ist keine besonders auffällige Thatsache, aber die folgende ist es um so mehr. „„Setzt man nämlich dem Sauerstoffgas Wasserstoffgas zu, so wird dieses Gas zu Wasser oxydirt. Für je zwei Volumen Wasserstoffgas verschwindet ein Volumen Sauerstoffgas. Kohlenwasserstoff, Kohlenoxydgas und das durch Zersetzung von Wasser durch Eisen in der Glühhitze erzeugte Wasserstoffgas verschwinden nicht, wenn sie dem gewöhnlichen, mittelst Zink und Säure erhaltenen Wasserstoffgas in den explosiven Gasgemengen substituirt werden. Diese verwesenden Materien wirken in derselben Weise auf das Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff ein, wie reine Platinflächen, und

---

[1] Annalen der Chemie, 153. Bd., pag. 1 u. 139.

solche, welche die Platinwirkung hemmen, wie Kohlenoxyd oder ölbildendes Gas, verhindern auch hier die Verbindung.““ — Nichts kann hier, wie ich glaube, klarer sein, als dass die Oxydation des Wasserstoffes in Berührung mit verwesenden Materien und Sauerstoffgas ein rein chemischer Process ist, der durch die Versuche von Schönbein näher erläutert und durch die Bildung von ozonisirtem Sauersoff oder Wasserstoffsuperoxyd erklärt worden ist.“

Gestützt auf zahlreiche Beobachtungen über den Zerfall organischer Substanzen, fühlte ich mich veranlasst zu untersuchen, ob die in Rede stehende Eigenschaft todter Wasserpflanzen Wasserstoff zu absorbiren nicht vielleicht zu jener Gruppe von Erscheinungen zähle, welche wir als Gährungsprocesse bezeichnen. Zu diesem Zwecke wurden am 31. Juli frische *Oedogonium*-Pflanzen in Wasser gekocht, sammt dem noch heissen Kochwasser in drei Absorptionsröhren gefüllt, das Wasser vollständig durch Wasserstoff verdrängt und fast der dritte Theil von diesem durch Quecksilber ersetzt. Nach erfolgter Abkühlung und Ablesung wurden die Absorptionsröhren in der oben beschriebenen Weise in Glasnäpfchen aus dem Quecksilber gehoben, Näpfchen und Röhren mittelst Korkkeilen und Bindfäden sorgfältig mit einander verbunden und in einen grossen Glascylinder gestellt. Dieser wurde mit Wasser von 80° C. gefüllt und auf dem Sandbade während 3 Tagen, vom 11. bis 14. August, bei einer Temperatur von 62 bis 80° C. erhalten. Nach dieser Zeit, wo in anderen gleich grossen Röhren, welche ebenfalls am 11. August mit frisch gekochten aber bereits erkalteten Pflanzen beschickt waren, der Wasserstoff bereits vollständig absorbirt war, wurden die Absorptionsröhren aus dem Cylinder gehoben und in die Quecksilberwannen übertragen. Bei der Ablesung nach erfolgter Abkühlung zeigte sich das Gasvolumen ungeändert und blieb es auch innerhalb der folgenden drei Tage, während welcher die Apparate in meinem südseitigen Zimmer zwischen 25 bis 30° C. aufgestellt waren. Am 18. August Früh wurden die Absorptionsröhren ausgeleert und gleich wieder mit denselben Pflanzen in der bekannten Weise bei gewöhnlicher Temperatur gefüllt. Am 22. August waren 19·7, 21·8 und 23·6 CC. Wasserstoff absorbirt!

Nach diesen Versuchsergebnissen kann, wie ich glaube, nichts klarer sein, als das die Absorption von Wasserstoffgas durch todte Wasserpflanzen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft als eine Gährungserscheinung aufzufassen sei.

Diese in Rede stehende, mit Wasserstoffabsorption verbundene Gährung, ich will sie vorläufig kurz die Wasserstoffgährung nennen, hat mit der Sumpfgasgährung ausser der alkalischen Reaction der Gährungsobjecte auch das Verhalten zur Buttersäuregährung gemein. In meiner neulichen Abhandlung „über die Gährungsgase aus Sumpf- und Wasserpflanzen" habe ich gezeigt, dass in den Gährungsgefässen gekochte oder oft selbst bloss heiss in die Apparate gebrachte Wasserpflanzen nur Kohlensäure und Wasserstoff entbinden, und dass Sumpfgasgährung sich erst dann einstellt, wenn die Apparate zerlegt und die Versuchsobjecte in offenen Gefässen gewaschen wurden. Ein ganz analoges Verhalten zeigen todte Wasserpflanzen bezüglich der Wasserstoffabsorption. *Fontinalis*, *Ranunculus aquatilis* und *Spirogyra* entwickelten, nachdem dieselben mehr weniger heiss in die Absorptionsröhren mit Wasserstoff gebracht worden waren, nicht nur kein Gas, sondern entbanden im Gegentheile Kohlensäure und Wasserstoff. (Versuche 30, 33, 39 u. 45.) Öfters erfolgte allerdings auch bei der Operation mit mehr weniger heissen Pflanzen Wasserstoffabsorption, und zwar entweder sehr bald nach Beginn des Versuches (Versuche 23 u. 24) oder erst nach einigen Tagen. (Versuche 16, 17 u. 18). Ähnliche Erscheinungen haben wir aber auch bei der Sumpfgasgährung kennen gelernt. Statt der Wasserstoffgährung hätte sich auch bei *Vaucheria* und *Spirogyra* Buttersäuregährung eingestellt, wenn die Füllung bei einer Temperatur von nur wenig über 50° C. vorgenommen worden wäre.

Das bei meinen Versuchen verschiedene Verhalten verschiedener Wasserpflanzen bei scheinbar gleicher Behandlung kann nicht befremden. Schon in Folge der von mir befolgten Art der Füllung war es unmöglich (aber auch gar nicht beabsichtigt), dass dieselbe in den verschiedenen Fällen bei gleicher Temperatur erfolgte, und dann habe ich ja in meiner Abhandlung über die Gährungsgase nachgewiesen, dass unter ähnlichen Bedingungen bei der einen Pflanze die Buttersäuregährung spontan

der Sumpfgasgährung weicht, bei anderen aber nicht. Meine Versuche berechtigen, wie ich glaube, zu dem Schlusse, dass der Sieg des Fermentes der Sumpfgas- und der Wasserstoffgährung über das der Buttersäuregährung bei demselben Objecte mit derselben Leichtigkeit oder Schwierigkeit erfolgt. Ich werde mich kaum irren, wenn ich die Ursache hierfür in anderweitigen chemischen Processen finde, durch welche die saure Reaction der gährenden Substanzen in eine alkalische übergeführt wird. Liess ich nämlich in der Quecksilbersäule eines Absorptionsrohres, dessen gekochter Inhalt in lebhafter Buttersäuregährung begriffen war, ein Stückchen Kali aufsteigen, so änderte sich sofort die Gährungsart: statt der früheren Volumvergrösserung erfolgte eine ausgiebige Wasserstoffabsorption (Versuche 28, 29; 32, 34, 35, 36, 37, 38; 44). Dass in zwei Fällen sich nach Zusatz von Kali gleichwohl die Buttersäuregährung noch fortsetzte (Versuche 31 u. 43), dürfte vielleicht in dem Umstande begründet sein, dass hier die gährenden Pflanzen (*Ranunculus* und *Spirogyra*) von dem Kali nicht erreicht wurden. — Dass die Menge des Wasserstoffgases, welche von gährenden Wasserpflanzen absorbirt wird, eine gar nicht unbedeutende ist, sieht man schon aus den bisher beschriebenen Versuchen, zu denen dem Volumen nach immer je 3 CC. nasser Pflanzensubstanz (s. vorige Abhandlung) verwendet wurden. Eine genauere Vorstellung über die Grösse des Absorptionsvermögens von durch Trocknen getödtetem *Oedogonium* für Wasserstoff geben die Resultate zweier Versuche, welche in der folgenden kleinen Tabelle zusammengestellt sind:

| Versuchszeit und Temperatur | Gewicht des verwendeten *Oedogonium*, lufttrocken | Absorbirter Wasserstoff in CC. |
|---|---|---|
| 15. bis 30. August | 0.107 Grm. | 4·403 |
| | 0.152 Grm. | 6·719 |

Nach dem Mittel dieser zwei Versuche absorbirt demnach ein Gramm lufttrockener *Oedogonium*-Fäden 42·93 CC. Wasserstoff [1].

Bei meinen Versuchen über die Gährungsgase von Wasserpflanzen in tubulirten Glasglocken, war es mir ganz unverständlich, dass die zuerst entbundenen Gasportionen oft die Producte einer zweifellosen Buttersäuregährung waren, während in dem späteren von denselben Pflanzen in denselben Apparaten bei ungeänderter Behandlung entwickelten Gase sich nur Kohlensäure und Sumpfgas fand und das Wasserstoffgas ganz fehlte. Es war nicht einzusehen, warum nach Gewinnung der ersten Gasportion an die Stelle der Buttersäuregährung plötzlich die Sumpfgasgährung getreten war oder hätte treten sollen. Durch die vorstehenden Untersuchungen werden die damaligen Räthsel in ganz einfacher Weise (wenngleich wohl wieder nur durch ein neues Räthsel) motivirt. Die Gährungsart brauchte sich nach den ersten Gasernten durchaus nicht plötzlich zu ändern, um die erhaltenen Resultate ganz begreiflich erscheinen zu lassen; das bei fortgesetzter Buttersäuregährung entwickelte Gas wurde nämlich später, nachdem unter oder besser in Folge der Überführung der sauren Reaction in die alkalische sich die Sumpfgasgährung eingestellt hatte, von den durch die anhaftenden Bläschen in das abgeschiedene Gas gehobenen Pflanzen wieder absorbirt [2]. Damit ist nicht gesagt, dass diese Absorption von den in Buttersäuregährung

---

[1] Diese Zahl wird sich bei wiederholten Versuchen sicher höher stellen. — Da die Wasserstoffgährung ohne Gasabscheidung erfolgt, so wäre es für die Methode der Gasanalyse ein grosser Gewinn, wenn man die wasserstoffabsorbirende Substanz ohne Verlust ihrer Eigenschaft halbwegs rein darstellen könnte. Nebenher will ich folgenden Versuch anführen: *Oedogonium*-Fäden, deren Volumen nicht genauer bestimmt wurde, wurden mit Alkohol extrahirt, in Wasser gebracht und am 18. September in Wasserstoff eingeführt. Bis 5. October hatte sich das Gasvolumen um 1·52 CC. vergrössert, vom 5. bis 24. October um 1·63 CC. vermindert. Mit Kali wurde 0·94 CC. Gas absorbirt.

[2] Dass bei unter Wasser getauchten Bohnen, besonders im Beginne der Gährung, die entbundene Wasserstoffmenge hinter der theoretisch geforderten meist weit zurückbleibt, ist offenbar durch eine andere Art von Wasserstoffbindung bedingt.

begriffenen Pflanzen bewirkt wurde; Wasserstoff- und Buttersäuregährung schliessen sich als gleichzeitige Processe in derselben Substanz ebenso aus wie diese und Sumpfgasgährung[1]. Es ist aber recht wohl möglich, dass in verschiedenen Partien der Gährungsobjecte in denselben Apparaten eine verschiedene Gährungsart stattfindet, besonders wenn der eine Pflanzentheil sich in Gas befindet, der andere aber unter Wasser getaucht ist. Es kann daher auch nicht befremden, dass in dem von todten Wasserpflanzen zuerst abgeschiedenen Gase Wasserstoff ganz fehlt und dass bei *Potamogeton natans* die erste Gasportion nur aus Kohlensäure, die zweite aber aus Wasserstoff u n d Sumpfgas bestand. In diesem Falle war die Pflanze während der weiteren Gährung offenbar ganz unter Wasser getaucht, ein Umstand, auf den ich seinerzeit begreiflicher Weise nicht achtete.

---

Bei Landpflanzen habe ich bisher eine Wassertoffabsorption nicht beobachtet. Bei einer getrockneten unter Wasser gewachsenen *Berula angustifolia* setzte sich in Wasserstoffgas die Buttersäuregährung auch nach Zusatz von etwas Kali fort. (Versuche 48 bis 50.) Blätter dieser Pflanze jedoch, welche, nachdem sie während drei Wochen unter Wasser Kohlensäure und Wasserstoff entwickelt hatten, in Wasserstoff gebracht wurden, bewirkten eine geringe Contraction des verwendeten Gasvolumens[2].

---

Bei meinen Versuchen über den Sauerstoffverbrauch lebender Wasserpflanzen *(Oedogonium)* in atmosphärischer Luft fiel mir die bedeutende Contraction während der 7- bis 8-stündigen Versuchsdauer sehr auf. (Siehe vorige Abhandlung, Tabelle II). Obwohl beim Keimen der Samen, besonders der ölhältigen, in

---

[1] Ob dasselbe auch von der Wasserstoff- und Sumpfgasgährung gilt, weiss ich nicht.

[2] Ich referire hier nur das Thatsächliche und brauche wohl kaum zu bemerken, dass ein einzelner Versuch bei solchen Fragen nur als Vorversuch gelten kann. Ob die Fähigkeit, Wasserstoffgas zu absorbiren allen Pflanzen zukommt, welche Sumpfgas entbinden können, müssen weitere Versuche lehren.

einem lufterfüllten mit wasserbedeckten Quecksilber abgeschlossenen Gefässe in Folge von Sauerstoffconsumtion eine merkliche Verkleinerung des Luftvolumens eintritt, so schien mir dieselbe bei den erwähnten Versuchen mit *Oedogonium* viel zu bedeutend, um sie als eine physiologische Erscheinung anzusehen. Bei Versuchen mit getrockneter und gekochter *Spirogyra*[1] in reinem Sauerstoffgase erfolgte in der That eine beträchtliche Volumverminderung (Versuch 46), eine Erscheinung, welche übrigens auch bei faulenden Bohnen beobachtet wird. — Bei Untersuchungen über die Gährung von Bohnen unter Wasser habe ich gefunden, dass die Entwicklung von Wasserstoff und die Gasabscheidung überhaupt sistirt wird, wenn man das Wasser in dem Gährungsgefässe so weit abhebt, dass die Samen, ähnlich wie bei der Keimung, sich grösstentheils in atmosphärischer Luft befinden. In gleicher Weise scheint sich, wie der Versuch 47 zeigt, die Gährungsart zu ändern, wenn eine in Wasserstoffabsorption begriffene Wasserpflanze mit Sauerstoff in Berührung gebracht wird. Die Wasserstoffabsorption scheint so lange sistirt zu sein, als noch Sauerstoff vorhanden ist. An eine Oxydation des Wasserstoffgases zu Wasser, wie sie durch reine Platinflächen bewirkt wird, ist nach unseren Versuchsresultaten wohl nicht zu denken.

Die Sätze, welche wir nach den Ergebnissen der in vorstehender Abhandlung beschriebenen Versuche als erwiesen hin stellen können, sind folgende:

1. Todte Wasserpflanzen haben die Eigenschaft Wasserstoff zu absorbiren.

2. Diese Wasserstoffabsorption unterbleibt, wenn die Versuchspflanzen in mit Quecksilber abgesperrten Gefässen auf circa 60 bis 80° C. erwärmt wurden. Werden die Versuchsobjecte dann an die Luft gebracht, so absorbiren sie bei fortgesetztem Versuche wieder Wasserstoff. Die Absorption von Wasserstoff durch todte Wasserpflanzen ist demnach nach dem heutigen Stande der Wissenschaft als eine Gährung aufzufassen. Die in Wasserstoffgährung begriffenen Pflanzen reagiren alkalisch.

---

[1] Diese und andere Versuche konnte ich mit *Oedogonium* desshalb nicht machen, weil dasselbe beim Reinigen des Bassins vernichtet wurde.

3. Manche Wasserpflanzen, z. B. *Fontinalis* und *Ranunculus aquatilis*, erleiden, wenn sie gekocht und noch heiss in Wasserstoffgas gebracht werden, unter andauernder Entwicklung von Wasserstoff die Buttersäuregährung. Bringt man in die Gährungsgefässe jedoch ein Stückchen Kali, so erfolgt Wasserstoffabsorption. — Wurden dieselben Pflanzen bei früheren Versuchen in analoger Weise unter Wasser behandelt, so entbanden sie zuerst Kohlensäure und Wasserstoff, dann Kohlensäure und Sumpfgas.

4. Ein Gramm lufttrockener *Oedogonium*-Fäden absorbirt, kalt aufgeweicht, mehr als 40 CC. Wasserstoff.

5. Wurden durch Trocknen getödtete Wasserpflanzen *(Spirogyra)* in feuchtem Zustande in reinen Sauerstoff gebracht, so wurde beiläufig der fünfte Theil des zur Bildung von Kohlensäure verwendeten Gases absorbirt.

6. In einem Gemische von Sauerstoff und Wasserstoff unterbleibt die Absorption von Wasserstoff so lange, bis aller Sauerstoff theils abgesondert, theils zur Bildung von Kohlensäure verwendet ist.

7. Bei Landpflanzen wurde eine Absorption von Wasserstoff bisher nicht beobachtet. Dieses Absorptions-Vermögen scheint vielmehr nur jenen Pflanzen zuzukommen, welche die Sumpfgasgährung erleiden können.

---

## Tabelle I.

Versuche in Wasserstoffgas im Dunkeln.

| Versuchspflanze | Versuchszeit[1] und Temperatur | Versuchsnummer | Volumvergrösserung in CC.[2] | Gefundene Kohlensäure in CC. | Überschuss in CC.[3] |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cladophora fracta* | 28. Juni 6½ Stunden 23 bis 25° C. | 1. | 0.652 | 0.727 | 0.075 |
| | | 2. | 0.744 | 0.792 | 0.048 |
| | | 3. | 0.926 | 0.988 | 0.062 |
| | 29. bis 30. Juni 18 Stunden 23 bis 27° C. | 4. | 0.964 | 1.534 | 0.570 |
| | | 5. | 0.982 | 1.773 | 1.791 |
| | | 6. | 1.047 | 1.902 | 0.855 |
| | 29. bis 30. Juni 18 Stunden 29 bis 37° C. | 7. | 0.803 | 1.972 | 1.169 |
| | | 8. | 0.643 | 2.389 | 1.746 |
| | | 9. | 0.492 | 2.462 | 1.970 |
| *Oedogonium tumidulum* | 15. Juli 6½ Stunden 22 bis 25° C. | 10. | 0.439 | 0.463 | 0.024 |
| | | 11. | 0.443 | 0.443 | 0.000 |
| | | 12. | 0.461 | 0.497 | 0.036 |
| | | 13. | 0.482 | 0.491 | 0.009 |
| | | 14. | 0.516 | 0.527 | 0.011 |
| | | 15. | 0.573 | 0.636 | 0.063 |

[1] Alle Versuche wurden im Jahre 1873 gemacht.

[2] Die Gasvolumen sind für eine Temperatur von 0° und 760 Mm. Quecksilberdruck gerechnet.

[3] Dieser Überschuss bezieht sich auf die gefundene Kohlensäure zur Volumvergrösserung.

[4] Die Apparate standen zwischen den Fenstern eines südseitigen Zimmers. Die Algenfäden waren nach dem Versuche schlaff und bräunlich und hatten viel Wasser ausgestossen.

## Tabelle II.

### *Oedogonium tumidulum.*

Gekocht, heiss eingefüllt. In Wasserstoff.
Temperatur 19 bis 26° C.

Volumänderung in CC.

| Versuchs-nummer | Vom 6. bis 7. September | Vom 6. bis 8. September | Vom 6. bis 9. September | Vom 6. bis 10. September | Vom 6. bis 11. September | Nach Kali |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16. | + 0.085 | + 0.124 | + 0.516 | + 1.188 | — 8.506 | — 2.284 |
| 17. | + 0.332 | + 0.649 | + 1.204 | + 1.732 | — 6.254 | — 3.175 |
| 18. | + 0.726 | + 0.106 | + 1.881 | — 0.010 | — 7.673 | — 2.442 |

## Tabelle III.

### *Vaucheria.*

In Wasserstoff. Temperatur 24 bis 29° C.

Volumänderungen in CC.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Getrocknet, kalt aufgeweicht | 19. | Vom 18. bis 20. August + 2.016 | Vom 18. bis 23. August — 12.570 | Nach Kali 0.247 | |
| | 20. | Vom 18. bis 20. August + 1.432 | Vom 18. bis 21. August. + 0.874 | 23. August Blase | Dieser Gasrest bestand aus Stickstoff und etwas Kohlensäure |
| | 21. | Vom 18. bis 20. August + 1.461 | Vom 18. bis 21. August — 1.330 | 23. August Blase | |
| Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt | 22. | Vom 18. bis 21. August + 1.461 | Nach Kali — 1.330 | 23. August Blase | |
| | 23. | Vom 18. bis 21. August + 2.921 | Vom 18. bis 22. August — 4.393 | Nach Kali — 2.092 | Die Menge der Kohlensäure war also geringer als die Volumzunahme |
| | 24. | Vom 18. bis 21. August + 0.618 | Vom 18. bis 23. August — 11.052 | Nach Kali — 0.374 | |

## Tabelle IV.

### *Fontinalis antipyretica.*

Im Wasserstoff. Temperatur 24 bis 33° C.

Volumänderungen in CC.

| | Versuchsnummer | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Getrocknet, kalt aufgeweicht | 25. | Vom 18. bis 20. August + 0.668 | Vom 18. bis 22. August — 1.736 | Am 26. August Blase | |
| | 26. | Vom 18. bis 20. August + 0.822 | Vom 18. bis 22. August — 3.794 | Am 27. August Blase | |
| | 27. | Vom 18. bis 20. August + 0.898 | Vom 18. bis 22. August + 3.475 | Vom 18. bis 24. August + 0.749 | Am 30. August Blase |
| Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt | | Vom 18. bis 21. August | Nach Kali | Vom 21. bis 30. August | Vom 18. bis 21. August gebildeter Wasserstoff |
| | 28. | + 4.151 | — 3.599 | — 6.522 | 0.552 |
| | 29. | + 5.472 | — 4.524 | — 8.714 | 0.948 |
| | 30. | + 6.155 | Am 22. August war die ganze Absorptionsröhre voll Gas und ein Theil desselben bereits ausgetreten | | |

## Tabelle V.

### *Ranunculus aquatilis.*

Getrocknet, kalt aufgeweicht. In Wasserstoff.

Temperatur 22 bis 35° C.

Volumänderungen in CC.

| Versuchsnummer | Vom 24. bis 29. August | Nach Kali | Vom 29. August bis 4. September |
|---|---|---|---|
| 31. | + 19.24 | — 11.75 | + 13.19 |
| 32. | + 21.73 | — 19.85 | Blase |
| 33. | Am 29. August war die ganze Röhre nicht nur voll Gas, sondern ein Theil desselben bereits herausgetrieben. Das Gas enthielt 65·57% $CO_2$. | | |

## Tabelle VI.

### *Ranunculus aquatilis.*

Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt. In Wasserstoff. Temperatur 24 bis 35° C.

Volumänderungen in CC.

| Versuchsnummer | Vom 24. bis 26. August | Nach Kali | Vom 26. bis 28. August |
|---|---|---|---|
| 34. | + 3.026 | — 3.183 | — 14.154 |
| 35. | + 3.744 | — 3.527 | — 19.862 |
| 36. | + 4.293 | — 3.651 | — 17.227 |

## Tabelle VII.

### *Ranunculus aquatilis.*

Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt. In Wasserstoff. Temperatur 23 bis 35° C.

Volumänderungen in CC.

| Versuchsnummer | Vom 27. bis 29. August | Vom 27. bis 30. August | Vom 27. bis 31. August | Nach Kali | Vom 31. August bis 2. September |
|---|---|---|---|---|---|
| 37. | + 0.071 | + 2.799 | + 10.204 | — 8.964 | — 16.453 |
| 38. | + 0.846 | + 3.765 | + 15.872 | — 13.362 | — 21.738 |
| 39. | + 1.253 | + 5.176 | + 12.809 | Am 1. September war schon Gas entwichen | |

## Tabelle VIII.[1]

### *Spirogyra quinina.*

Volumänderungen CC.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Getrocknet, kalt aufgeweicht | Versuchsnummer 40. | Vom 18. bis 24. September + 2.883 | Am 24. October Blase | | | |
| | 41. | Vom 18. bis 24. September + 1.095 | Vom 18. September bis 5. October + 1.647 | Vom 18. September bis 24. October + 2.464 | Nach Kali — 2.678 | Am 3. November Blase |
| | 42. | Vom 18. bis 24. September + 2.359 | Nach Kali — 3.941 | Am 15. October Blase | | |
| Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt | 43. | Vom 18. bis 23. September + 5.760 | Nach Kali — 4.138 | Am 14. October die ganze Röhre voll Gas | | |
| | 44. | Vom 18. bis 23. Septem er + 3.159 | Nach Kali — 2.857 | Am 17. October Blase | | |
| | 45. | Vom 18. bis 23. September + 4.725 | Vom 18. bis 28. September + 11.646 | Am 4. October die Röhre voll Gas | | |

[1] Bei diesen und den folgenden Versuchen schwankte die Temperatur von 13 bis 34° C.

## Tabelle IX.

### *Spirogyra.*

Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt. In Sauerstoff. (40.05 CC.)

Volumänderungen in CC.

| | Vom 18. September bis 2. October | Nach Kali | Am 24. October |
|---|---|---|---|
| 46. | — 4.916 | — 19.638 | Blase |

## Tabelle X.

### *Spirogyra.*

Getrocknet, gekocht, kalt gewaschen. Zuerst in einem Wasserstoffgase (26.08 CC.), dann Sauerstoff eingeleitet.

Volumänderungen in CC.

| | Vom 18. bis 22. September | Vom 18. bis 25. September | Zugesetzter Sauerstoff | Vom 25. September bis 24. October | Nach Kali | Der Gasrest war völlig sauerstofffrei |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 47. | + 3.655 | — 9.621 | + 13.894 | — 11.617 | 5.398 | |

## Tabelle XI.

### *Berula angustifolia.*

Getrocknet, gekocht, heiss eingefüllt. In Wasserstoff.

Volumänderungen in CC.

| | Vom 2. bis 4. September | Nach Kali | Vom 4. bis 5. September | Vom 5. bis 6. September |
|---|---|---|---|---|
| 48. | + 4.295 | — 2.882 | + 3.641 | + 2.139 |
| 49. | + 5.207 | — 2.965 | + 4.288 | + 2.260 |
| 50. | + 5.844 | — 3.157 | + 4.967 | + 3.033 |

## Tabelle XII.

### *Berula angustifolia.*

Getrocknet, gekocht. Vom 4. bis 24. September unter Wasser. Das während dieser Zeit abgeschiedene Gas (20.36 CC.) bestand aus 85.17 % Kohlensäure, 4.49 % Wasserstoff und 6.34 % Stickstoff. Vom 24. bis 26. September lagen die Pflanzen-Blätter frei an der Luft; dann kamen sie in eine Absorptionsröhre mit Wasserstoffgas.

Volumänderungen in CC.

| | Vom 26. September bis 5. October | Vom 26. September bis 24. October | Nach Kali | Vom 26. September bis 5. November |
|---|---|---|---|---|
| 51. | + 0.972 | + 0.403 | — 2.158 | — 2.515 |